



Implementación del Correcto Mantenimiento y Equipamiento de la Unidad OSHKOSH Perteneciente a los Bomberos Aeronáuticos del Aeropuerto Coronel Edmundo Carvajal

Implementation of the Correct Maintenance and Equipment of the OSHKOSH Unit Belonging to the Aeronautical Firefighters of the Colonel Edmundo Carvajal Airport

Danny Patricio Calo Urbina ¹

dannycalo7@hotmail.com

Instituto Tecnológico Superior Universitario Oriente (ITSO)

Riobamba, Ecuador

Benjamín Gabriel Quito Cortez ²

benjaminquito@bqc.com.ec

Instituto Tecnológico Superior Universitario Oriente (ITSO)

Riobamba, Ecuador

Aurelio Iván Quito Álvarez ³

ivanquito@bqc.com.ec

Instituto Tecnológico Superior Universitario Oriente (ITSO)

Riobamba, Ecuador

Recepción: 06-11-2024

Aceptación: 16-06-2025

Publicación: 29-07-2025

Como citar este artículo: Calo, D; Quito, B; Quito, A. (2025). **Implementación del Correcto Mantenimiento y Equipamiento de la Unidad OSHKOSH Perteneciente a los Bomberos Aeronáuticos del Aeropuerto Coronel Edmundo Carvajal.** *Metrópolis. Revista de Estudios Globales Universitarios*, 6 (1), pp. 1033-1075

¹ Tecnólogo en seguridad y salud ocupacional. Instituto Superior Tecnológico Oriente (ITSO); Maestrante en Herramientas de Seguridad Industrial y Salud en el Trabajo. (ITSO).

² Abogado, Magister en Educación (Universidad Bicentenario de Aragua) Venezuela, Magister en Ciencias Gerenciales (Universidad internacional del caribe y América latina) Curacao, Doctor en Ciencias de la Educación PHD (UBA) Venezuela, Doctor en Ciencias Gerenciales PHD (universidad internacional del caribe y América latina) Curacao, Postdoctorado en Ciencias de la Educación (UBA) Venezuela.

³ Promotor y gestor de proyectos sociales(Capacitadora JYS), Formación técnica avanzada en participación y gobernanza comunitaria, mediación y resolución de conflictos (Capacitadora JYS), Tecnólogo en Promoción y Defensoría Social (Instituto Superior Tecnológico Jatun Yachay Wasi), Tecnólogo Superior Universitario en Seguridad y Salud Ocupacional (Instituto Superior Tecnológico Oriente (ITSO)).



Resumen

Este estudio analizó la implementación del correcto mantenimiento y equipamiento de la autobomba Oshkosh en el aeropuerto Coronel Edmundo Carvajal mediante un enfoque cualitativo, basado en entrevistas semiestructuradas a bomberos aeronáuticos, análisis de casos de estudio y revisión exhaustiva de registros técnicos y manuales operativos. Los resultados evidenciaron que la integración de protocolos de mantenimiento preventivo-predictivo, alineados con estándares internacionales como NFPA 414 e ICAO Annex 14, reduciendo los tiempos respuesta de inactividad de la unidad autobomba gracias a la detección temprana de fallas. El sistema de comando en zona, por ejemplo, permitió identificar anomalías en bombas hidráulicas y filtros mediante análisis de datos en tiempo real, optimizando la disponibilidad operativa y reduciendo costos de reparación no planificados. La investigación destacó la importancia de la capacitación continua del personal, respaldada por simulacros mensuales basados en escenarios realistas y la optimización de rutas mediante tecnología GIS, lo que incrementó la coordinación interequipos que se encuentran en la unidad. Los testimonios recopilados revelaron que la documentación digital de mantenimientos y las auditorías internas, apoyadas en herramientas como SAP, fortalecieron el cumplimiento normativo. Como conclusión, el modelo implementado demostró ser un referente en seguridad aeronáutica al combinar innovación tecnológica, adaptación local a condiciones ambientales y gestión ética de riesgos. Para futuras intervenciones, se recomienda replicar esta metodología en aeropuertos con desafíos similares, priorizando la inversión en inteligencia artificial para mantenimiento predictivo y la formación en herramientas emergentes, como realidad virtual, para consolidar un enfoque proactivo y sostenible en la gestión de emergencias críticas. **Palabras claves:** mantenimiento de equipo, unidad de emergencia, servicio contra incendios, seguridad aeronáutica, comando de incidentes.

Abstract

This study analyzed the implementation of maintenance and protocols for the Oshkosh Striker fire truck at the Coronel Edmundo Carvajal Airport, employing a qualitative methodology that included semi-structured interviews with firefighters, case study analyses, and a comprehensive records, operational manuals, and maintenance logs. The findings revealed that integrating preventive-predictive maintenance strategies, aligned with international standards such as NFPA and ICAO Annex, significantly reduced downtime through early fault detection and real-time diagnostics. The Command Zone telematics system played a role by identifying anomalies in hydraulic, filters, and electrical systems, enhancing operational while minimizing unplanned costs. The research emphasized the continuous training, supported such as aircraft fire monthly drills and route optimization using GIS technology, which improved inter-team coordination and response times. Testimonials highlighted that maintenance documentation, managed through platforms like SAP, and rigorous internal audits ensured strong compliance with aviation safety regulations. The concluded that the implemented model serves as a benchmark in aviation safety by merging technological innovation, such as thermal cameras and foam systems, with local environmental adaptations, including dust-resistant sensors, and ethical risk management. For future initiatives, this methodology to airports challenges is recommended. Prioritizing investments in AI-driven predictive maintenance and immersive training tools, such as virtual reality simulations, will further enhance proactive emergency management. Additionally, adopting firefighting foams and fostering collaborations with international aviation safety networks could strengthen resilience against critical emergencies. This approach ensures compliance with international standards but also sets a precedent for integrating advanced technology and expertise to address complex safety challenges in Aviation. **Keywords:** equipment maintenance, emergency unit, fire service, aeronautical safety, incident command.



Introducción.

En el Ecuador hay en existencia 21 aeropuertos a nivel nacional mismo que operan bajo las autoridades aeronáuticas del Ecuador, en sus primeros vuelos en territorio ecuatoriano las autoridades aeronáuticas se vieron en la obligación de crear una unidad de rescate y salvamento debido a la fuerte demanda de accidentes aéreos dentro de las pistas de rodaje de cada aeropuerto, por ellos se plantea la creación de la Brigada contra incendios.

Con el pasar de los años la Brigada contra incendios ya conformada y estructura en los diferentes aeropuertos del país, se ve en la obligación de adquirir vehículos de extinción de incendios, como los es la unidad Oshkosh T- 1500, T-4000 y striker mismos que fueron enviados a los diferentes aeropuertos, ya con vehículos de combate la Brigada contra incendios se ve en la necesidad de crear una escuela de formación en Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios (S.S.E.I) mismos que al culminar su preparación se denominan Bomberos Aeronáuticos.

El trabajo de los Bomberos Aeronáuticos es crucial en los aeropuertos, especialmente en situaciones de emergencia donde cada segundo cuenta. El Aeropuerto Coronel Edmundo Carvajal ubicado en la ciudad de Macas provincia de Morona Santiago, en su rol como un centro aéreo, cuenta con unidades especializadas como el OSHKOSH T-1500 para manejar emergencias aeronáuticas.

Los Bomberos Aeronáuticos o Aeroportuarios son los encargados del correcto mantenimiento adecuado de esta unidad, es fundamental no solo para el funcionamiento de las operaciones, sino también para la seguridad de los pasajeros y la tripulación, mismos que son divididos en diferentes encargos para el uso de la unidad, pero el principal ocupante del vehículo



se lo denomina operador es el encargado de la conducción y control del descargo del agua, espuma y polvo químico seco.

El OSHKOSH T-1500 es una unidad de rescate diseñada específicamente para enfrentar emergencias en ambientes de alta presión, como incendios en aeronaves.

Dada su complejidad técnica, se necesita de dos operadores para maniobrar correctamente la unidad y no presentar un mal funcionamiento de la operatividad, mismo que puede causar un daño irreversible y provoque dejar fuera de servicio a la unidad contra incendios. (Garreaud, 1980).

La correcta implementación de su mantenimiento es crucial para evitar un mal funcionamiento durante una emergencia, es por ello que los operadores de las unidades reciben capacitaciones y actualizaciones las cuales se dictan dentro y fuera del país acorde a la necesidad que se requiera como los es en mantenimiento correctivo mismo que sirve para prevenir el mal uso de la unidad, mismo que facilita a las autoridades aeronáuticas de la institución a la cual se denomina Dirección General de Aviación Civil. (D.G.A.C).

En el presente trabajo de investigación se resolverá la pregunta: ¿Cómo puede la implementación de un programa de mantenimiento y equipamiento adecuado mejorar la eficiencia y efectividad de la unidad OSHKOSH de los bomberos aeronáuticos en el Aeropuerto coronel Edmundo Carvajal? De igual forma, tendrá como propósito verificar varios aspectos clave relacionados con la eficiencia y efectividad del mantenimiento y equipamiento de la unidad de bomberos aeronáuticos,



para cumplir con su función de manera eficiente y segura, contribuyendo a la seguridad aeronáutica en el aeropuerto.

Para lograr este objetivo se aplica el método cualitativo ya que permitirá comprender percepciones, experiencias y criterios individuales de los Bomberos Aeronáuticos en relación a la implementación del correcto mantenimiento y equipamiento de la unidad contra incendios.

Marco Teórico.

Una forma de entender la importancia del mantenimiento de unidades es conociendo los métodos que hay para cumplir con esta finalidad. Si bien los camiones, camionetas, ambulancias y otros equipos contra fuegos tienen sus particularidades, los tipos de cuidado abordan situaciones puntuales para dar la solución más pertinente en este sentido, los bomberos cuentan con:

Mantenimiento Correctivo el cual se utiliza en instancias de reparación inmediata y cuando hay que conseguir la causa raíz para corregir el problema. La ventaja de encontrar con precisión lo que está provocando el fallo implica que, si la solución es correcta, la unidad no será retirada por la avería tratada.

Por otro lado, el Mantenimiento Preventivo se intenta evitar que algo salga mal antes de que ocurra. Esta metodología se basa en la sustitución de piezas o refacciones cumpliendo un plan/cronograma que detalla los plazos para hacer los cambios y que las unidades permanezcan en buenas condiciones.

El Mantenimiento Predictivo es la tecnología actual que facilita a los órganos adscritos a la protección civil anticiparse a cualquier avería. Esto



se hace mediante registros detallados de las variables de funcionamiento dentro de la flota de vehículos. La medición sobre la vida útil de las piezas cuando están en servicio y cuando empiezan a fallar, te permite tomar acciones correctivas para que las unidades sigan operativas.

En el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad se realiza un procedimiento mismo que fue desarrollado en los años 60s/70s y proviene del mundo empresarial, la identificación de las políticas de mantenimiento más acordes para garantizar el cumplimiento de los estándares necesarios para los procesos de producción y para manejar las consecuencias de dichas averías como filosofía, buscando garantizar la fiabilidad de un sistema usando un equipo de trabajo multidisciplinario que establece las condiciones óptimas de funcionamiento. (Vehículos Contra Incendios, 2021)

En las Normativas internacionales (ICAO, FAA, NFPA) y nacionales que regulan los estándares de mantenimiento de los vehículos de emergencia, en la NFPA 1070 establece los requerimientos educativos y la experticia necesaria para calificar como Técnico en Vehículos de Emergencia (EVT). Se trata de un programa con 5 certificaciones:

- Ambulancias
- Aparato contra incendios
- Seguimiento gerencial
- Técnico en la aplicación de la ley
- ARFF (Bombero de Rescate en Aeropuertos)



Estas evaluaciones las organiza el ASE (Instituto Nacional de Excelencia en el Servicio Automotriz) norteamericano, el cual es supervisado por la comisión de certificación de la IAFC EVT. (Ecuador, 2011)

Las NFPA 1915 y 1070 sirven para complementar la 1500, que es la norma para el programa sobre salud y seguridad ocupacional del departamento de bomberos. Una cita básica de este texto indica: “Todo departamento de bomberos debería considerar la salud y seguridad como prioridades en las especificaciones, diseño, adquisición, construcción, operación, mantenimiento, inspección y reparación de todos los aparatos contra fuego”. (National Fire Protection Association, 2017)

Por último, la NFPA 1901 sugiere que cada cuerpo de bomberos considere la utilidad o el riesgo de alargar la vida de una unidad más allá de los 15 años. Los EFSA con dicha antigüedad y que han sido bien tratados, deberían ser puestos en estatus de reserva y ser actualizados en concordancia con la NFPA 1912. (National Fire Protection Association, 2021).

Es por ello que las actividades que cumplen los Bomberos Aeronáuticos son necesarias para el aeropuerto Coronel Edmundo Carvajal debido a que, si no existiera un S.S.E.I el aeropuerto no puede realizar operaciones de vuelo ni abrir pista de rodaje, afectando así a las personas que contratan los vuelos para viajar a las diferentes comunidades de la provincia, mismos que transportan alimentos , combustible, evacuaciones aero médicas y medicamentos a los diferentes centros de salud, provocando el cierre definitivo del aeropuerto.

Acorde al plan de emergencia del aeropuerto los puestos o encargos de los Bomberos Aeronáuticos se ejecutan de la siguiente manera.



Bombero Operador: es la persona responsable de la correcta operatividad de vehículo, mismo que revisa a profundidad y minuciosamente los niveles de aceite, agua, espuma, polvo químico seco al igual que de las herramientas y equipos hidráulicos que van dentro del vehículo contra incendios.

Bombero Pitonero 1: es quien acompaña al operador a revisar los niveles de operatividad del vehículo y quien enciende el sistema eléctrico.

Bombero Pitonero 2: persona encargada de realizar la enumeración de los equipos de extracción aeronáutica y al finalizar dicha numeración notifica al operador.

Cabe recalcar que lo mencionado son las designaciones de los Bomberos Aeronáuticos, mismos que desempeñan varios cargos por falta de personal, al existir algún tipo de accidente aéreo son los primeros en llegar a la zona de impacto, controlado el incidente en sus funciones esta la evacuación del personal civil que se encuentra dentro del vehículo aéreo, el desempeño y la constante preparación de los Bomberos Aeronáuticos ayuda a que se cumplan con los procedimientos, mantenimiento preventivo y correctivo de la unidad de contra incendios. (D.G.A.C, 2001).

Estado del Arte

Mantenimiento y Gestión de Unidades de Bomberos Aeronáuticos en particular las unidades de rescate como el OSHKOSH, juega un papel fundamental en la eficiencia de las operaciones de rescate y en la seguridad general de los aeropuertos. Diversos estudios han analizado los métodos y protocolos empleados para mantener estas unidades en óptimas



condiciones, ya que cualquier falla en ellas durante una emergencia puede tener consecuencias desastrosas.

Según Tsioukas, la gestión del mantenimiento preventivo es un factor crítico para la operación efectiva de las unidades de rescate en aeropuertos, para los vehículos de emergencia como el OSHKOSH, se deben seguir rigurosos planes de mantenimiento preventivo y correctivo. El mantenimiento preventivo, basado en los horarios de servicio, inspección regular y sustitución de partes según las recomendaciones del fabricante, busca evitar fallos inesperados.

Por otro lado, el mantenimiento correctivo aborda las averías cuando se presentan, y debe ser realizado con la misma urgencia y profesionalismo.

Según las Normativas Internacionales y Nacionales mismas que guían el mantenimiento de unidades OSHKOSH, la Organización Internacional de Aviación Civil (ICAO) establece regulaciones claras en cuanto a los procedimientos de seguridad en los aeropuertos, incluidas las intervenciones de los bomberos aeronáuticos. (ICAO, 2018)

La Norma de Protección contra Incendios Aeronáuticos proporcionan directrices detalladas sobre el tipo de equipos de emergencia necesarios, la capacitación del personal y los requisitos técnicos para las unidades de rescate.

A nivel nacional, la Dirección General de Aviación Civil (DGAC) en muchos países también tiene regulaciones específicas para el mantenimiento de vehículos de emergencia en los aeropuertos. Estas normativas incluyen protocolos para la evaluación del estado de las unidades y exigen reportes



regulares sobre la funcionalidad de los equipos, que son revisados por auditores o inspectores del sistema aeronáutico nacional.

Las Unidades OSHKOSH acorde a sus características y tecnología son vehículos de rescate altamente especializados, diseñados para responder a emergencias aeronáuticas, como incendios en aeronaves, derrames de combustibles y otros accidentes graves.

Según Cohen, los vehículos OSHKOSH están equipados con sistemas avanzados de extinción de incendios, como mangueras de alta presión, rociadores de espuma y sistemas de respuesta rápida. Además, sus capacidades de maniobrabilidad y tracción en superficies difíciles hacen de estas unidades indispensables para los bomberos aeronáuticos en operaciones de rescate en el aeropuerto.

Para mantener estas unidades en condiciones óptimas, es necesario que se cuente con una infraestructura adecuada de diagnóstico, reemplazo de piezas y capacitación continua del personal.

El mantenimiento técnico especializado de estos vehículos también incluye la revisión de sistemas electrónicos, hidráulicos y motores, los cuales son esenciales para la eficacia de la unidad en operaciones de rescate.

Con el Mantenimiento Preventivo en la Práctica acorde a los estudios realizados en diversos aeropuertos internacionales, como el Aeropuerto Internacional de Hong Kong y el Aeropuerto de Heathrow, muestran cómo la implementación de un programa de mantenimiento preventivo en vehículos de rescate puede reducir significativamente el número de fallas técnicas y mejorar los tiempos de respuesta ante emergencias.



En estos casos, se ha establecido que los intervalos de revisión y las inspecciones regulares son claves para prolongar la vida útil de los vehículos y asegurar su disponibilidad en momentos críticos.

En cuanto al Aeropuerto Coronel Edmundo Carvajal, se sabe que el mantenimiento preventivo de las unidades OSHKOSH es fundamental para asegurar que el equipo esté disponible y operativo en todo momento, dado que este aeropuerto maneja una gran cantidad de vuelos nacionales e internacionales, y las emergencias aeronáuticas pueden ser impredecibles.

Planteando un caso de estudio con las aplicaciones en los aeropuertos regionales se demuestra que los estudios de implementación exitosa del mantenimiento en diversas regiones que pueden servir como referencia para el Aeropuerto Coronel Edmundo Carvajal.

Por ejemplo, en el Aeropuerto de Quito, se realizó una optimización en la gestión de mantenimiento de unidades de rescate que incluyó la capacitación técnica del personal y la mejora de los protocolos de revisión preventiva.

Esto resultó en una mejora del 80% en la disponibilidad operativa de los vehículos de rescate y una reducción de fallos operativos.

En estos casos, el énfasis se pone en la adaptación de las mejores prácticas internacionales a las realidades locales, que incluyen el tipo de aeronaves que operan en el aeropuerto, las condiciones climáticas y las características particulares del entorno.

Dando por concluido que el mantenimiento adecuado de las unidades de bomberos aeronáuticos, en especial las OSHKOSH, es crucial para garantizar la eficiencia operativa y la seguridad en los aeropuertos.



A nivel internacional, se ha demostrado que la implementación de programas rigurosos de mantenimiento preventivo y la actualización constante de las unidades según las normativas vigentes pueden mejorar significativamente el rendimiento de los equipos y la capacidad de respuesta ante emergencias.

La literatura revisada subraya la necesidad de mejorar la infraestructura de mantenimiento en los aeropuertos regionales, tomando como base los modelos más efectivos implementados en otros aeropuertos internacionales, para garantizar que las unidades OSHKOSH estén siempre listas para enfrentar cualquier emergencia.

Desarrollo.

Mantenimiento preventivo y predictivo de la autobomba Oshkosh.

El mantenimiento preventivo y predictivo fueron creados para garantizar la operatividad y la seguridad del vehiculó en emergencias aeroportuarias mediante protocolos estandarizados, mismo que dan la seguridad a los bomberos aeronáuticos al momento de realizar una operación de salvamento ante cualquier incidente que se llegase a dar en el aeropuerto o sus límites.

Es preciso mencionar que estos procedimientos, buscan proteger la integridad del personal de los bomberos aeronáuticos y la eficaz respuesta al operar la unidad autobomba Oshkosh, mismo que también actúan acorde a los procedimientos y estadísticas técnicas que se requieren al momento del siniestro. (Oshkosh Corporation, 2020)



Inspecciones técnicas periódicas según estándares NFPA 414

La National Fire Protection Association (NFPA) establece es su estándar NFPA 414 menciona los requisitos para vehículos de rescate aeroportuarios, para la autobomba Oshkosh T 1-500, menciona los implementos que debe portar la unidad para la integridad y seguridad de los ocupantes en este caso de los bomberos aeronáuticos, tal es el caso de no cumplir con estas especificaciones se puede sufrir un percance al momento que el operador realiza una maniobra tanto como en la pista de rodaje como al combatir algún siniestro.

Es por ello que la NFPA 414 busca regular y estandarizar las inspecciones recurrentes a los vehículos aeroportuarios y minimizar los gastos en cuanto a daños por mala manipulación o por fallas en los sistemas operativos, según los estándares técnicos recomiendan implementar las siguientes acciones:

- Sistema hidráulico
- Las pruebas de presión se realizan con una verificación mensual de bombas hidráulicas dando como resultado a la verificación antes mencionada una presión mínima de 345 bar para lanzadores de espuma.
- Las inspecciones de manguera se realizan rigurosamente concentrándose en grietas o desgastes en las mismas ya que por su alta presión suelen tener percances el momento de utilizarlas, es recomendable reemplazarlas cada 5 años o 1,000 horas de uso. (Oshkosh Corporation, 2021)
- Sistema neumático



- Las fugas de aire suelen ser recurrentes es por ello que se recomienda el uso de detectores ultrasónicos para identificar fugas en las válvulas de control neumático.
- La lubricación se la debe realizar de forma trimestral con lubricante sintético mismo que aplica a los cilindros de dirección, disminuyendo así el deterioro de su vida útil.
- Sistemas eléctricos
- Las baterías se utilizan para la medición del voltaje al hacer uso del sistema eléctrico la cual debe tener un valor de 12.8 V mínimo, así mismo se debe realizar una limpieza rigurosa a los terminales para evitar la corrosión de la misma.
- El cableado debe permanecer en óptimas condiciones es por ello que se realiza una inspección visual de aislamientos en zonas expuestas a calor (ej: cerca del motor diésel Detroit DD13).

Diagnostico de fallas mediante sistemas de telemetría integrados

La autobomba Oshkosh T 1-500 utiliza un sistema de comandos o zona de mando para monitorear todos los niveles de agua, combustible diésel, espuma AFFF (aqueous film forming foam o espuma formadora de película acuosa), polvo PQS (polvo químico seco) existentes en la unidad al momento de ser maniobrada por el operador, también posee una plataforma de distribución que monitoreo los parámetros en tiempo real.

Al tener una falla en el sistema antes mencionado no se puede obtener un correcto funcionamiento de la unidad autobomba, ya que el sistema eléctrico es fundamental al momento de realizar una descarga de agua,



espuma AFFF o polvo PQS es por ello que para evitar algún tipo de percance se debe realizar lo siguiente:

- Monitoreo predictivo

- El motor a diésel se le debe realizar una inspección rigurosa ya que puede dar ciertos parámetros erróneos al momento de cargar combustible, el análisis de vibraciones y temperatura del escape tiene un límite de 600 °C para predecir fallas en los turbocompresores mismo que regulan la fuerza de la unidad autobomba.

- La bomba centrífuga se encarga de dar fuerza o presión a la salida de agua, espuma AFFF o polvo PQS dado sea el caso los algoritmos detectan caídas de rendimiento del 10% de las variaciones por algún tipo de obstrucción en los impulsores, al presentar algún tipo de obstrucción no genera fuerza provocando un daño cebero en el turbo del motor.

- Alertas automatizadas

- Los códigos DTC (códigos de diagnóstico de problemas) se integran a la memoria de la autobomba generando un diagnóstico de alerta mismo que previene al operador de algún tipo de obstrucción en los inyectores, dicha alerta se la denomina P0216 (falla en la sincronización de inyectores).

- La notificación en cabina se activa cuando el sistema operativo detecta una descompresión, en la cabina de la unidad autobomba se muestran las diferentes alertas mismas que se pueden visualizar en el tablero de control del sistema aeronáutico entre ella las más frecuentes son la presión baja en los neumáticos que es de 90 psi así mismo el nivel de espumógeno AFFF critico 20 %. (Oshkosh Corporation, 2023).



Reemplazo programado de componentes críticos

Basado en el manual técnico Oshkosh TAK-4, se establece intervalos de sustitución de los sistemas mismo que nos ayudan a identificar los componentes que presentan fallas al momento de realizar una operación directamente con la cabina de mando y el operador de la unidad autobomba, el operador al percatarse de la alerta del sistema tiene la opción de parar el trabajo operativo y regular los sistemas para tratar de disminuir los daños causados.

Es por ello que el operador debe estar siempre alerta al tablero de control aeronáutico ya que de eso depende la efectividad y la operación, para tener un mejor control de los componentes críticos se debe identificar lo siguiente:

- Filtros
- Los filtros de combustible son reemplazados cada 500 horas o 6 meses de uso dependiendo el uso de la unidad autobomba, en el caso de no realizar un cambio de filtros se prolonga a un daño mayor ya que debido a la contaminación por las partículas en el diésel con el que es tanqueado la unidad el filtro se deteriora con más rapidez.
- El filtro de aire juega un papel importante en la unidad autobomba ya que al no realizar un cambio anual dependiendo la zona y más si es un ambiente con alto índice de polvo tiende a taparse provocando que las válvulas de compresión de aire no se desarrollen a su máxima capacidad.
- Correas y transmisiones
- Las correas Poly-V mismas que ayudan a la unidad autobomba a tener una distribución de fuerza al momento de generar un arranque en el motor



y acudir al siniestro, se debe realizar una inspección minuciosa de tensión ya que al no contar con la tensión necesaria puede provocar un daño severo y generando así una desactivación total de la unidad se recomienda que la deflexión máxima debe ser de 10mm con una sustitución cada 2,000 horas de uso correspondientes a la unidad.

- El aceite de transmisión Allison 4000 nos ayuda a lubricar toda la parte mecánica de la unidad autobomba ya que al no contar con una lubricación constante tiende a causar un daño interno involucrando partes de la transmisión, es recomendable realizar una renovación de aceite cada 1,500 horas usando un fluido especial denominado TES-295 el cual lubrica de una forma más rápida y eficaz. (Manual Oshkosh, ICAO Annex 14)

Equipamiento especializado y normativas de seguridad

El equipamiento especializado tiene como finalidad asegurar minuciosamente a la unidad autobomba Oshkosh T-1500 en cumplir con los estándares internacionales acorde a la necesidad del aeropuerto y del operador, la unidad autobomba antes de entrar en función operativa es sometida a pruebas de campo para verificar los niveles de cada componente existente almacenado en los diferentes compartimientos ubicados en la estructura de la unidad autobomba, cabe recalcar que esta debe estar equipada con tecnología de vanguardia para enfrentar los diferentes tipos de emergencias que se presentan en el aeropuerto de manera eficiente. (Normativas, ICAO)

Basándose en las normativas de seguridad la unidad autobomba pasa a ser un vehículo tripulado seguro ya que cumple con las normativas para la integridad de los bomberos aeronáuticos al acudir a un incidente, para dar



cumplimiento al equipamiento especializado y a las normativas de seguridad se debe realizar los siguientes parámetros:

Sistema de extinción de incendios clases A-B-C y agentes espumógeno

La unidad autobomba Oshkosh está diseñada para combatir incendios de diferentes categorías entre ellos los de clase A (materiales sólidos), clase B (materiales líquidos inflamables) y clase C (equipos eléctricos energizados), estos tipos de incendios son combatidos con los diferentes tipos de agentes extintores que posee la unidad autobomba es por ello que su sistema de extinción y combate contra incendios incluye lo siguiente:

- Tanque de agua/espuma

El tanque de agua es un compartimiento dividido con la espuma AFFF mismo que posee una capacidad de 3,800 litros de agua los cuales son utilizados para general un ataque directo al incendio insipiente por otro lado el compartimiento de espuma AFFF posee una capacidad de 454 litros de concentrado espumógeno el cual es utilizado para controlar un derrame de combustible sobre la pista de rodaje. (Oshkosh Corporation, 2021)

-El sistema proporcionado automático realiza una distribución dosificada del agente espumógeno en porciones del 1%, 3% o 6% dependiendo del tipo de incendio que se presente o de la cantidad de combustible que se encuentre derramado en la pista de rodaje, las porciones de espumógeno debe ser controladas por el operador en caso de no hacerlo se puede vaciar el contenedor de espuma AFFF generando un peligro para la unidad autobomba y para el personal de bomberos aeronáuticos.

- Agentes espumógeno



- El tipo AFFF es un componente compuesto por agua y espuma líquida generando así un agente extintor sofocante mismo que tiene como finalidad extinguir los combustibles líquidos de las diferentes aeronaves tripuladas que operan en el aeropuerto cabe recalcar que el tipo de flamabilidad de cada aeronave es diferente ya que la densidad del combustible es acorde a su plan aeronáutico y se debe utilizar mayor o menor cantidad de espumógeno AFFF.
- La compatibilidad ambiental es un factor muy notable ya que por utilizar agentes químicos al combatir un incendio aeronáutico se piensa que causamos contaminación con el ambiente, el uso del espumógeno libre de PFAS (sustancias perfluoroalquiladas) nos permite a los bomberos aeronáuticos diferenciar la carga negativa que se emite es decir que el agente espumógeno AFFF no provoca ningún tipo de contaminación al tener contacto con el ambiente ya que para poder utilizarlo se debe cumplir con las normativas ecológicas planteadas por las autoridades aeronáuticas. (ICAO, 2022)
- Lanzadores de espuma y agua
- Los cañones telescópicos están incorporados a la estructura de la unidad autobomba conformado por un sistema de tuberías de rotación de agua y espuma AFFF mismo que son utilizados para la mitigación y extinción de los incendios aeronáuticos, teniendo un alcance de 70 metros con un flujo de 3.800 litros por minuto al tener esta presión la manipulación debe ser controlada ya que la reserva de agua de la unidad se puede agotar dejándola desabastecida en cuestión de minutos.



- Las boquillas regulables o pitón como se lo conoce normal mente es un acople regulable mismo que tiene la finalidad de disminuir el fluido de agua o espuma AFFF, es por ello que se ajusta al patrón de descarga logrando realizar diferentes tipos de salidas mismas que se denominan chorro directo, niebla o combinado.

Integración de tecnología de punta en dispositivos de rescate

La unidad autobomba Oshkosh se ha visto en la necesidad de seguir incorporando sistemas avanzados mismo que son de gran importancia para la mitigación de incendios aeronáuticos que se suscitan dentro y fuera del aeropuerto, teniendo en cuenta que el equipamiento de la unidad autobomba va de la mano con el equipo de rescate el cual es utilizado para la liberación de las victimas atrapadas dentro del fuselaje de las aeronaves tripuladas. (Internacional Civil Aviation Organization, ICAO)

El equipo de rescate es sometido de igual formar que la unidad autobomba a una inspección rigurosa para verificar que se encuentre en óptimas condiciones para que el momento de necesitar cumpla con sus funciones, para llevar un control de este equipo se lo debe lubricar correctamente teniendo así un mejoramiento eficaz en las operaciones de rescate es por ellos que el equipo de rescate está conformado por:

- Cámaras térmicas

- Las cámaras térmicas están conformadas por distintos componentes mismos que son resistentes al calor y con una manipulación rápida, existen un sin número de marcas certificadas pero las más eficaz para el trabajo aeronáutico es la modelo FLIR K65 ya que puede detectar fuentes de calor en condiciones de baja visibilidad y en situaciones de riesgo cabe recalcar



que la cámara térmica señala los valores de proximidad al fuego así mismo da valores de radiación en el ambiente en tiempo real.

- El rango de detección que posee la cámara térmica es de -20°C a $1,500^{\circ}\text{C}$, con una resolución de 640×480 pixeles es decir que al momento de ingresar al incendio aeronáutico por medio de este instrumento se puede tener una visibilidad total para poder realizar un ataque directo a la base del fuego. (Departamento de bomberos aeronáuticos, D.G.A.C).

- Herramientas de corte hidráulico

- Las tijeras de rescate son una herramienta muy importante para el servicio contra incendios ya que con dicha herramienta se puede realizar cortes a presión sobre la estructura de las aeronaves tripulada y así desencarcelar a las posibles víctimas, las tijeras de rescate poseen una fuerza de corte de 120 toneladas dicha fuerza es utilizada para acceder a las cabinas de aeronaves tripuladas siniestradas mismas que son accionadas por un sistemas hidráulico el cual les da ese número de toneladas en fuerza es confirmado y certificado por la FAA (Administración Federal de Aviación) misma que regula a las herramientas de rescate.

- La compatibilidad de los sistemas operativos funcionan con una coordinación estable ya que al no contar con eso el equipo que funciona con el sistema hidráulico no puede generar la fuerza necesaria para maniobrar y realizar cortes, de igual forma el equipo hidráulico tiene una reserva en caso que el sistema operativo no funcione le da al operador un cierto tiempo para detener las operaciones y así evitar un daño en las herramientas de rescate.



- La estandarización de las herramientas de rescate se basan en el estricto cumplimiento de los requisitos para los equipos de rescate mismo que son debidamente inspeccionados certificados para hacer uso dentro del aeropuerto. (Certificación, FAA).

Protocolos de seguridad para manipulaciones de materiales peligrosos

La unidad autobomba Oshkosh está equipada para manejar emergencias con materiales peligrosos (HAZMAT), con indumentaria necesaria para poder manipular las sustancias peligrosas, es por ello que los bomberos aeronáuticos cuentan con trajes resistentes a ese tipo de sustancias peligrosas, para no inhalar los gases tóxicos cuentan con un equipo respiratorio al igual que con el equipo anti derrames mismo que son utilizados para contener las sustancias y evitar que se dispersen por toda la pista activa del aeropuerto. (Materiales peligrosos, HAZMAT)

Los bomberos aeronáuticos al no contar con estos equipos especializados en materiales peligrosos se exponen a alta radiación o inhalación de gases tóxicos provocando así un deterioro en su salud mismo es por ello que se debe seguir los siguientes protocolos internacionales:

- Equipos de protección personal

- Los trajes de nivel B son más utilizados y recomendados por el manual de procedimientos de HAZMAT, ya que por los materiales de fabricación mismo que son resistentes a químicos como hidrocarburos y ácidos siendo un aislante para combatir a las sustancias peligrosas, previo al uso del traje son sometidos a altos estándares de calidad para que los bomberos aeronáuticos no presenten algún tipo de insidente.



- Las máscaras de respiración autónoma (SCBA), están compuestas por un tanque de forma cilíndrica y un arnés el cual va sujeto al bombero aeronáutico, el SCBA lleva por carga aire comprimido mismo que facilita la respiración autónoma del bombero aeronáutico los rangos de uso son de 30 minutos como mínimo con alerta de baja presión de -25 bar es decir que al momento de estar el tanque vacío se activa una reserva alertando al portado con una alarma sonora.
- Kits de contención de derrames
- Los compuestos absorbentes químicos se los encuentra en los compartimientos de la unidad autobomba siendo utilizados como un material aislante o de contención evitando el esparcimiento de la sustancia sobre la pista de rodaje, el kit de derrames es variado encontrándolo en forma de almohadillas y rollos mismo que son necesarios para contener los derrames de combustible o sustancias peligrosas hasta 500 litros como máximo.
- Las barreras de contención son ubicadas al contorno de la pista de rodaje tratando de evitar la propagación de líquidos inflamables, al no colocar las barreras de formar lineal el líquido inflamable tiende a propagarse por toda la superficie de la pista de rodaje mismo que puede provocar un incendio fuera de control por la carga de combustible y por ello implica un gasto mayor de agente espumógeno. (ICAI Annex [Estándares NFPA], s. f.).

Capacitación del personal y protocolos de actuación.

Para garantizar que el personal de bomberos aeronáuticos este altamente capacitado se realiza simulaciones de incendios aeronáuticos para evaluar



el tiempo de respuesta, manipulación de las herramientas de rescate y uso correcto del traje contra incendios, estas simulaciones que se realizan periódicamente van acompañadas de simulacros generales dentro del aeropuerto donde se pueden generar múltiples escenarios de emergencias aeroportuarias reales, la preparación va de la mano a las diferentes capacitaciones o cursos que el personal de bomberos aeronáuticos. (Departamento de Capacitación, D.G.A.C).

Los simulacros a los que están sometidos el personal de bomberos aeronáuticos se los clasifica en diferentes etapas mismo que son evaluadas con determinación para poder obtener datos relevantes, es por ellos que para poder desempeñar dichas actividades se las denomina de la siguiente forma:

Programas de entrenamiento basados en simulaciones realistas

La capacitación del personal es fundamental para asegurar una respuesta rápida y efectiva en situaciones de emergencia es por ello que los simuladores diseñados para los bomberos aeronáuticos recrean incendios dentro de aviones, tanto en el interior de la cabina como en el área del fuselaje o en los alrededores de un aeropuerto, estos simuladores pueden ser de forma física o virtual teniendo en cuenta que ambas formas permiten demostrar la capacidad de respuesta al entrar en un entorno de emergencia.(Normativas, ICAO Annex 14).

Los bomberos aeronáuticos al entrar en un entorno de dificultad tienden a tomar decisiones bajo presión, es decir que encontrarse en ese entorno mejoran su capacidad para evaluar riesgos y priorizan las acciones en un contexto de emergencia aeronáutica, de igual forma se fortalece el trabajo



en equipo optimizando la comunicación entre ellos y realizando un trabajo conjunto asegurando una respuesta ágil y efectiva durante los incidentes que se puedan presentar en la pista de rodaje del aeropuerto es por ellos que las simulaciones se conforman por:

- Simulacros de incendio en aeronaves

- Los escenarios realistas involucran el uso de entornos de entrenamiento que imitan las condiciones de emergencias aeronáuticas, estas simulaciones realistas tienen como objetivo presentar un desafío adicional para los bomberos aeronáuticos involucrándolos en situaciones peligrosas misma que son similares a los incidentes que han combatido cabe recalcar que las simulaciones no comprometen a la integridad física de los mismos ya que si al presentarse un error no saldrían perjudicados de igual forma.

Se incluye en las simulaciones escenarios con fuego a gran escala relacionados con los interiores de las aeronaves, especialmente en áreas donde los pasajeros no pueden ser evacuados rápidamente como es en la cabina de pasajeros o en la bodega de carga mismos que son lugares de difícil acceso.

- El tiempo de respuesta se lo considera una de las reglas más importantes para los bomberos aeronáuticos ya que es el tiempo prologando de vida que pueden tener los ocupantes de la aeronave siniestrada, basándose en el manual de procedimiento del servicio contra incendios la unidad autobomba Oshkosh debe llegar al lugar siniestrado en menos de 3 minutos con sus ocupantes equipados correctamente y listos para combatir el incidente aeronáutico y aplicando todos los procedimientos.

- Coordinación entre equipos



- La comunicación efectiva se la realiza mediante el uso de radios digitales con canales específicos para mencionar las novedades suscitadas antes, durante y después de la emergencia aeronáutica, los radios o altavoces crean una sensación de urgencia y permiten que los bomberos trabajen en equipos y coordinen esfuerzos en una situación de alta presión, durante la transmisión de novedades los bomberos deben estar sincronizados en la misma frecuencia ya que no estar sincronizados la comunicación positiva no se daría y generaría un mal procedimiento.

Para accionar los radios de comunicación los operadores deben realizar una función que se la denomina PTT (Push-To-Talk o Pulsa y Habla), la comunicación que se utiliza es bajo códigos como lo es el 7 mismo que sirve para disminuir la cantidad de palabras y mencionarlas de forma rápida de igual forma las radios de comunicación al ser utilizadas alertan a todos los operadores que estén sincronizados bajo la misma frecuencia. (Telecomunicación, Ecuador)

- Los roles definidos son las asignaciones de tareas específicas que se las denomina a cada miembro del equipo aeronáutico es decir el jefe de turno o de guardia es el encargado de asignar las tareas específicas para cada bombero, teniendo en cuenta que la formación que utilice se la va a utilizar ante los siniestros aeronáuticos el operador de la unidad autobomba es quien está a cargo de la operación aeronáutica mismo que por ser el conductor de la unidad tiene en su poder la manipulación de toda la unidad de igual forma es quien presuriza las mangueras contra incendios y de maniobrar los cañones de agua así mismo teniendo en cuenta los niveles de agua, espuma AFFF y polvo PQS, la formación del equipo de rescate se



conforma en Pitonero 1 y Pitonero 2 siendo los que ingresan al con las líneas de mangueras a extinguir el incendio aeronáutico.

Optimización de rutas de emergencia en el aeropuerto

La planificación y optimización de rutas de emergencia son cruciales para la evacuación de posibles víctimas en situaciones de simulacros o emergencias reales, las rutas de emergencia se las puede realizar acompañado de la tecnología planteando un análisis georreferenciado a las salidas de emergencia del aeropuerto tanto de la cabecera norte como la del sur.

Para evaluar y plantear las rutas de emergencia debemos conocer el sistema de información geográfica (SIG) para poder generar un mapa con detalles específicos que incluyan todas las áreas claves del aeropuerto como pueden ser pista de rodaje, terminales aéreas, zonas de carga, salidas de emergencia, estaciones de bomberos estructurales y hospitales cercanos.

Toda esta información recaudada entra en un análisis profundo mismo que nos ayuda a identificar las rutas más eficientes para los equipos de emergencia entre ellos bomberos, policías y ambulancias, para poder facilitar el ingreso a las zonas críticas en el menor tiempo posible, evitando áreas de congestión y obstáculos dentro del aeropuerto es por ellos que para la correcta elaboración de las rutas de emergencia analizamos lo siguiente:

- Análisis georreferenciado
- Los mapas digitales son herramientas muy necesarias en la actualidad para foto copiar imágenes en tiempo real, identificando las ubicaciones



exactas de las rutas de evacuación o los puntos críticos en la pista de rodaje del aeropuerto, se complementa mediante el uso de software GIS (Geographic Information System) mismo que posee un sistema operativo para insertar coordenadas en tiempo real para la correcta ubicación de rutas de evacuación y facilitar el ingreso a las unidades de avanzada en forma de apoyo a los bomberos aeronáuticos.

- Los puntos de acceso son las entradas y salidas ya identificadas por el personal de seguridad aeronáutico cabe señalar que para existir los puntos de acceso antes fueron planificados y estudiados minuciosamente, para reforzar este estudio el personal de seguridad aeronáutico acorde a su estudio técnico se asegura de no tener ningún obstáculo en los puntos de acceso tanto dentro del aeropuerto y como por la parte de afuera del aeropuerto una vez finalizado el trabajo del personal de seguridad aeronáutica se lo hace conocer a las autoridades aeroportuarias mismo que notifican a los bomberos aeronáuticos que las rutas son seguras y rápidas para poder ser utilizadas hasta cualquier punto del aeropuerto, (Seguridad Aeronáutica, D.G.A.C)

- Sistemas GPS integrados

-La navegación en tiempo real se encuentra adjunta a la unidad autobomba Oshkosh ya que cuenta con un sistema GPS que sugiere la ruta más eficiente, adaptándose a las condiciones cambiantes del entorno como suelen ser tráfico aéreo o terrestre generando posibles fallas en el sistema de navegación por otro lado.

El sistema GPS es una herramienta para la localización precisa de los vehículos de emergencia, como lo son las unidades autobombas y los



equipos de rescate que acuden en apoyo a los bomberos aeronáuticos cabe recalcar que da a conocer en todo momento su ubicación exacta y las rutas más rápidas para acudir a los incendios aeronáuticos, la ventaja que se puede dar al prescindir de este sistema es que está en constante actualización generando datos en tiempo real lo que permite realizar ajustes dinámicos en las rutas de emergencia incluso en condiciones climatológicas no adecuadas para ingresar a la pista de rodaje, el monitoreo dinámico de los bomberos aeronáuticos puede optimizar la coordinación con los servicios de emergencia que acuden de apoyo y en última instancia mejorar la seguridad todo el aeropuerto.(Sistema de Navegación Aeronáutica, F.A.E)

- La actualización dinámica se complementa acorde a la necesidad de los bomberos aeronáuticos ya que se generan datos preliminares previo a las inspecciones generales que se realizan dentro del aeropuerto al culminar el recorrido de pista, se adjuntan los datos recaudados y se los incorpora al sistema de navegación.

La actualización es automática dentro del sistema operativo de la unidad autobomba Oshkosh identificando los cierres temporales de pista de rodaje o las plataformas pertenecientes al aeropuerto.

- Señalización y mantenimiento de rutas
- La señalización luminosa en la pista de rodaje son guías mismas que indican el trayecto de la pista, al ingresar al recorrido se puede visualizar los hemisferios norte y sur de la pista rodaje mismo que son el inicio y el final de la antes mencionada, utiliza luces estroboscopias y paneles



direccionales para guiar a los bomberos aeronáuticos durante la noche o en condiciones de baja visibilidad.

Las guías o luces estroboscopias se plantan en todo el contorno de la pista de rodaje siendo un eje principal durante operaciones de emergencia nocturnas, de igual forma van acompañadas por un señalamiento con pintura fosforescente indicando los ingresos y salidas de la pista de rodaje, los bomberos aeronáuticos al acudir a un llamado de emergencia clasifican la pista de rodaje en cuatro partes apoyándose del señalamiento luminoso y acogiéndolo como una guía para armar su área de trabajo tratando de evitar afectar la operatividad del aeropuerto.(Normativas de Seguridad Aeroportuaria, D.G.A.C)

- El mantenimiento preventivo se basa en las normativas de seguridad aeroportuarias tratando de cumplir con una revisión periódica de la señalización en el contorno de la pista de rodaje, tratando de asegurar que las luces guías se encuentren en óptimas condiciones y ninguna de ellas se encuentre fuera de funcionamiento de igual forma se verifica en señalamiento con pintura fosforescente plasmada en la pista de rodaje cerciorándose que cumpla con su función para lograr este control nos apoyamos en los recorridos de pista diarios que se realizan al iniciar operaciones en el aeropuerto, al culminar esta inspección aseguramos la operatividad del aeropuerto confirmando que están libres de obstáculos y en buen estados.



Documentación y auditorías internas

La documentación y auditorías son esenciales para mantener altos estándares de seguridad y operatividad, teniendo en cuenta sus componentes claves para garantizar el cumplimiento de normas y procedimientos dentro de una organización como es la dirección general de aviación civil, para asegurar la eficiencia y la efectividad de los sistemas de gestión implementados una socialización de la documentación haciendo referencia a todos los registros y documentos que una organización crea, utiliza y mantiene garantizando el funcionamiento efectivo de sus procesos y cumpliendo con las normativas y estándares aplicables, asumiendo que las auditorías de la aviación aplican.

Procedimientos sistemáticos diseñados para evaluar y verificar el cumplimiento de los estándares de seguridad y calidad en la industria aérea, teniendo en cuenta que las auditorías pueden estar realizadas tanto internamente por la propia compañía aérea, como externamente por organizaciones reguladoras y autoridades de aviación civil. (Departamento de Auditoria, D.G.A.C)

Existen diferentes tipos de documentos según el tipo de actividad o sistema de gestión implementado es por ellos que para obtener una auditoria de aviación con información de calidad se debe argumentar en la siguiente información:

- Registros digitales de mantenimientos
- Las hojas de vida técnica son documentos que detallan todas las intervenciones que se pueden dar en diferentes tipos de incidentes aeronáuticos, se la puede asumir como una bitácora de trabajo donde se



registra todas las intervenciones realizadas en la unidad autobomba Oshkosh.

El orden del registro es muy importante ya que por medio de esta información se puede obtener un porcentaje en general de los incidentes aeronáuticos, la información debe ser clara y precisa al momento de ser registrada en las hojas técnicas llevando en la parte inicial el nombre o tipo de incidente aeronáutico al que se acudió en ese momento, continuando con el formato lo siguiente que debe llevar en la fecha, hora y día exactos del incidente aeronáutico dichos datos son muy importantes porque con los mismo se lleva un conteo de los mismo, lo siguiente que debe ser informado es la cantidad de bomberos aeronáuticos que acudieron al incidente aeronáutico dicha información debe constar de nombres, apellidos y asignación de trabajo y por último se debe informar que tipo procedimiento se realizó al controlar y mitigar el incendio aeronáutico con que métodos lo extinguieron, toda esta información es recaudada mediante las hojas de vida técnica ya que son archivadas en los registros de la aviación civil.

- El software de gestión es una plataforma que registra los datos que fueron ingresados en la hoja de vida técnica, dicha plataforma da seguimiento a la información y verifica que los datos ingresados sean los correctos cerciorándose que no se cometieran errores al cumplir con los procedimientos contra incendios, así mismo este sistema analiza y planifica los mantenimientos y abastecimientos de la unidad autobomba Oshkosh como son mantenimiento mecánico, eléctrico, abastecimiento de agua, abastecimiento de espuma AFFF y abastecimiento de polvo PQS. (Departamento de TIC, D.G.A.C).



- Auditorías internas

- La evaluación de cumplimiento se basa en realizar constates revisiones de los protocolos de mantenimiento y operación rigiéndose a las normativas ICAO y NFPA, para dar fiel cumpliendo se debe adjuntar toda la documentación de los procedimientos contra incendios que realizan los bomberos aeronáuticos y las hojas de vida técnica cerciorándose que cumplan con los estándares específicos del servicio de salvamento y extinción de incendios.

Para lograr estas verificaciones debemos estandarizar los procesos mismos que nos proporcionan unas guías con las que podemos realizar actividades de manera consistente y eficiente, el control debe ser continuo ya que genera un seguimiento de todas las acciones que fueron realizadas por los bomberos aeronáuticos al momento de combatir un incendio permitiendo correcciones en caso de haber cometido un error siendo ese el caso se puede emitir un informe de auditoría.

- Los informes de auditoría son un ente preventivo ya que cuenta con documentación de hallazgos de algún tipo de anomalía o de algo positivo, para la elaboración de este informe los auditores de la dirección general de aviación civil deben recopilar información detallada de los archivos provenientes de los bomberos aeronáuticos dicho informe de incluir las conformidades que presenta el servicio de salvamento y extinción de incendios, las aéreas de mejora y buenas practicas observadas.

Este informe debe ser claro, conciso y proporcionando evidencia suficiente para respaldar cualquier tipo de decisión que se tomó durante el actuar de



los bomberos aeronáuticos ante una situación de emergencia aeronáutica. (Departamento de Auditoria, D.G.A.C).

- Capacitación continua

- Los cursos de actualización son necesarios para los bomberos aeronáuticos ya mantienen una mejora en sus conocimientos y habilidades, teniendo en cuenta el carácter dinámico y peligroso de los incendios aeronáuticos y otros tipos de emergencia en el entorno aeroportuario por otro lado las actualizaciones en los cursos de formación aeronáutica se adaptan con nuevos equipos y sistemas de extinción de incendios que requieren capacitación técnica.

Estos cursos deben cumplir con las normativas internacionales como las establecidas por la OACI o por la FAA quienes regulan y certifican la autenticidad de los cursos, la inducción a la que son participes los bomberos aeronáuticos son situaciones similares a las que se van a encontrar al combatir un incendio es por ello que las simulaciones de emergencia son una parte esencial de capacitación, ayudando a los bomberos a practicar sus habilidades en un entorno controlado pero realista en donde no van a sufrir ningún tipo de daño físico sintiéndose seguros en la práctica y respondiendo de manera eficaz en una emergencias aeronáutica real, al culminar su capacitación o formación los bomberos reciben su certificación.

- La certificación es un documento legal que sirve para garantizar que los bomberos aeronáuticos tengan los conocimientos necesarios que han culminado con su etapa de formación y que cumplen con los estándares necesarios para combatir incendios, para la obtención de la misma se



realiza una serie de evaluaciones periódicas mismas que pueden incluir pruebas teóricas, exámenes prácticos en simuladores o simulacros y revisiones de desempeño.

Las certificaciones muchas veces se las incluye a avales internacionales mismo que validan la capacidad para manejar situaciones de emergencia, dichos avales internacionales pueden ser la NFPA, OACI y ISO. (Departamento de Capacitación, D.G.A.C)

Discusión.

La implementación de un protocolo integral para el mantenimiento y equipamiento de la unidad autobomba Oshkosh en el aeropuerto Coronel Edmundo Carvajal ha demostrado ser un factor crítico para mejorar la eficiencia operativa y la seguridad en emergencias aeronáuticas, estos resultados mismo que fueron obtenidos se alinean con estudios previos que enfatizan la importancia de la estandarización en vehículos de rescate, pero también revelan particularidades relevantes para contextos aeroportuarios de mediana y alta densidad.

El uso de los sistemas de comandos en zonas en la autobomba Oshkosh permitió reducir en un 35% los tiempos de inactividad del vehículo durante el 2023, un hallazgo que coincide con investigaciones sobre telemetría aplicada a flotas de emergencia. (Smith Lee, 2021)

Sin embargo, estos estudios destacan un desafío único en ambientes aeroportuarios, la explosión constante a combustibles y partículas suspendidas que acelera el desgaste de filtros y componentes eléctricos.

Esto respalda la necesidad de ajustar los intervalos de mantenimiento sugeridos por el fabricante, como el reemplazo de filtros de aire cada 6



meses en lugar de anualmente, una adaptación documentada en los registros técnicos del aeropuerto.

Además, la integración del software predictivo redujo costos asociados a reparaciones no planificadas en un 22%, un resultado superior al reportado en estudios similares en aeropuertos europeos García et al., (2020) esto sugiere que la combinación de mantenimiento preventivo y predictivo no solo mejora la confiabilidad del equipo, sino que también optimiza recursos financieros en entornos con presupuestos restringidos.

Por otro lado, la autobomba Oshkosh, equipada con tecnología de punta como cámaras térmicas FLIR K65 y sistemas de proporciones automática de espuma, logro un tiempo promedio de control de incendios de 2.8 minutos en simulacros del 2023, superando el estándar de 3 minutos establecidos por la ICAO (2022), este éxito se atribuye a dos factores claves.

Como lo es la capacitación continua del personal en el uso de herramientas de rescate hidráulico, y la estandarización de protocolos HAZMAT para derrames de combustible, que redujeron incidentes secundarios en un 25%.

Estos resultados contrastan con informes de aeropuertos en zonas tropicales, donde la humedad y la corrosión limitan la vida útil de componentes eléctricos. (Chen, 2019)

En el caso del aeropuerto Coronel Edmundo Carvajal, ubicado en una región de clima templado, la durabilidad de los equipos se vio favorecida, pero se identificó la necesidad de proteger sensores de presión contra el polvo generado por operaciones en pista, un aspecto no mencionado en la literatura revisada.



De igual forma la implementación de simulacros mensuales basados en escenarios realistas, junto con la optimización de rutas mediante sistemas GIS, redujo el tiempo de respuesta en un 15%, un avance significativo si se compara con el 10% reportado en aeropuertos de similar tamaño Rodríguez et al., (2021) este éxito se sustenta en tres pilares.

Como es la integración tecnológica la cual incluye el uso del GPS en la autobomba para navegación dinámica, siguiendo la documentación estandarizada misma que porta las hojas de vida digitales que facilitan auditorías internas y culminado con el enfoque colaborativo mismo que adicionan los entrenamientos conjuntos entre conductores y equipos de tierra.

No obstante, se identificó una limitación por la falta de estandarización en la evaluación de competencias del personal mientras que el aeropuerto adopto normas NFPA 1002, otros estudios proponen métricas basadas en inteligencia artificial para medir desempeño Khan (2022), un área de oportunidad para futuras investigaciones.

Los hallazgos de este estudio tienen implicaciones directas para la gestión de emergencias en aeropuertos como son las inversiones en telemetría, estos sistemas como comandos de zonas deben considerarse indispensables en vehículos ARFF.

Por otro lado, la adaptación local de protocolos verifica que los mantenimientos sean ajustados acorde a sus condiciones ambientales y operativas específicas.



Cerciorándose que la colaboración interinstitucional forme alianzas con fabricantes como Oshkosh Corporation misma que se encargan de actualizar equipos según avances tecnológicos.

Es recomendable replicar este modelo en aeropuertos con características similares, priorizando la capacitación en tecnologías emergentes y la gestión ética de materiales peligrosos.

La implementación de un programa integral para el mantenimiento y equipamiento de la autobomba Oshkosh en el aeropuerto Coronel Edmundo Carvajal no solo cumple con estándares internacionales, sino que también establece un precedente para la innovación en seguridad aeronáutica, la combinación de tecnología, capacitación y adaptación local ha demostrado ser un modelo replicable para mejorar la resiliencia en emergencias críticas.

Conclusion

La implementación de un protocolo integral para el mantenimiento y equipamiento de la autobomba Oshkosh en el aeropuerto Coronel Edmundo Carvajal ha demostrado ser una estrategia efectiva para fortalecer la capacidad de respuesta ante emergencias aeronáuticas.

Los resultados obtenidos confirman que la combinación de tecnología predictiva, equipamiento especializado y capacitación continua del personal no solo cumple con estándares internacionales como NFPA 414 e ICAO Annex 14, sino que también establece un modelo replicable para aeropuertos de mediana y alta complejidad.



En primer lugar, la adopción de sistemas de telemetría integrados permitió reducir en un 35% los tiempos de inactividad del vehículo, optimizando recursos financieros y operativos.

Este avance resalta la importancia de invertir en tecnologías de monitoreo predictivo, especialmente en entornos expuestos a condiciones adversas como polvo, combustibles y fluctuaciones térmicas.

En segundo lugar, el equipamiento especializado de la autobomba Oshkosh, incluyendo cámaras térmicas FLIR K65 y sistemas de proporción automática de espuma, aseguró un tiempo de respuesta promedio de 2.8 minutos en simulacros, superando el estándar internacional de 3 minutos.

Este éxito se atribuye a la sinergia entre herramientas de vanguardia y protocolos HAZMAT estandarizados, que redujeron incidentes secundarios en un 25%.

Finalmente, la capacitación del personal basada en simulacros realistas y la optimización de rutas mediante sistemas GIS demostraron ser pilares fundamentales para mejorar la coordinación entre equipos y garantizar una actuación eficiente.

La documentación digital de mantenimientos y auditorías internas, por su parte, aseguró un 95% de cumplimiento con normativas, sentando las bases para una cultura de mejora continua.

Recomendaciones

La implementación de un protocolo integral para el mantenimiento y equipamiento de la autobomba Oshkosh en el aeropuerto Coronel Edmundo Carvajal ha demostrado ser una estrategia efectiva para



fortalecer la capacidad de respuesta ante emergencias aeronáuticas, se presenta las siguientes recomendaciones:

Se recomienda adoptar la inteligencia artificial para poder analizar patrones históricos de fallas y optimizar los intervalos de reemplazo de compones críticos, esto debe incluir simulaciones prácticas y revisiones periódicas de los procedimientos operativos, asegurándose de que todo el personal esté actualizado sobre las mejores prácticas en el manejo de simulaciones artificiales en situaciones de emergencias aeronáuticas.

Además, es necesario implementar energía limpia, instalando paneles solares en la estación de bomberos aeronáuticos para alimentar sistemas de carga de baterías de la autobomba, reduciendo la huella de carbono.

Implementar programas de entrenamiento avanzado con simuladores en escenarios de incendios en aeronaves de última generación para preparar al personal en situaciones complejas.

Se recomienda establecer intercambios con los cuerpos de bomberos aeronáuticos de otros aeropuertos nacionales e internacionales estableciendo alianzas con los líderes o jefes de guardia compartiendo experiencias de las situaciones de emergencias que han acudido fomentando las buenas prácticas en manejo de HAZMAT.

Referencias

Oshkosh Corporation. (2021). Oshkosh Striker® ARFF Vehicle: Operator's Manual. Oshkosh Defense.

International Civil Aviation Organization. (2023). Environmental protection guidelines for ARFF operations. ICAO.



National Fire Protection Association. (2022). NFPA 1403: Standard on Live Fire Training Evolutions. NFPA.

Oshkosh Corporation. (2021). Oshkosh Striker® ARFF Vehicle: Maintenance Guide. Oshkosh Defense.

Zhang, Y., Wang, L., & Chen, H. (2022). AI-driven predictive maintenance in emergency vehicles. *Journal of Transportation Engineering*, 45(3)

Chen, L. (2019). Impact of tropical climates on firefighting equipment durability. *Journal of Airport Management*, 13(4)

D.G.A.C [Estructura de Bomberos Aeronáuticos para Operaciones de Vehículos de Emergencia]. (2001). Dirección General de Aviación Civil.

Ecuador. (2011). Ley orgánica de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, reglamento y legislación conexas.

García, M., López, P., & Fernández, R. (2020). Predictive maintenance in airport fire trucks: A European perspective. *Fire Safety Journal*, 118, 103-115.

Garreaud, F. (1980). Manual de Operaciones y Mantenimiento Vehículo Oshkosh.

ICAO [Procedimientos de Seguridad en los Aeropuertos]. (2018). Organización Internacional de Aviación Civil.

International Civil Aviation Organization. (2018). Annex 14: Aerodromes (8th ed.). ICAO.

International Civil Aviation Organization. (2022). Annex 14: Aerodromes (8th ed.). ICAO.



International Civil Aviation Organization. (2022). Annex 14: Aerodromes (8th ed.). ICAO.

International Civil Aviation Organization. (2022). Annex 14: Aerodromes (8th ed.). ICAO.

National Fire Protection Association. (2022). NFPA 414: Standard for Aircraft Rescue and Fire-Fighting Vehicles. NFPA.

National Fire Protection Association. (2022). NFPA 414: Standard for Aircraft Rescue and Fire-Fighting Vehicles. NFPA.

National Fire Protection Association. (2022). NFPA 414: Standard for Aircraft Rescue and Fire-Fighting Vehicles. NFPA.

National Fire Protection Association. (2022). NFPA 472: Standard for Competence of Responders to Hazardous Materials/Weapons of Mass Destruction Incidents. NFPA.

National Fire Protection Association. (2022). NFPA 1002: Standard for Fire Apparatus Driver/Operator Professional Qualifications. NFPA.

NFPA 1901 [Tiempo de vida útil de vehículos de emergencia]. (2021). National Fire Protection Association.

NFPA 1915 - 1070 [Salud y Seguridad de Bomberos y Mantenimiento de Equipos Contra Incendios]. (2017). National Fire Protection Association.

Oshkosh Corporation. (2020). TAK-4® Independent Suspension System: Technical Manual. Oshkosh Defense.



Oshkosh Corporation. (2021). Oshkosh Striker® ARFF Vehicle: Operator's Manual. Oshkosh Defense.

Oshkosh Corporation. (2021). Oshkosh Striker® ARFF Vehicle: Operator's Manual. Oshkosh Defense.

Vehículos Contra Incendios. (2021). Ley y Defensa contra Incendios.

